



## Ny viden om effekter af pesticider i vandløb

**Rasmussen, Jes; Wiberg-Larsen, Peter; Baattrup-Pedersen, Annette; Juul Monberg, Rikke; McKnight, Ursula S.; Kronvang, Brian**

*Published in:*  
Vand & Jord

*Publication date:*  
2011

*Document Version*  
Peer reviewed version

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Rasmussen, J., Wiberg-Larsen, P., Baattrup-Pedersen, A., Juul Monberg, R., McKnight, U. S., & Kronvang, B. (2011). Ny viden om effekter af pesticider i vandløb. *Vand & Jord*, 28(4), 143-147.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Ny viden om effekter af pesticider i vandløb

Medierne afspejler en stadig offentlig interesse for betydningen af pesticider i vores miljø. Og pesticider forbindes automatisk med dansk landbrug. Men er det retfærdigt? Og hvor stor betydning har pesticiderne i forhold til andre faktorer, som påvirker miljøet? Ny dansk og udenlandsk forskning kaster lys over effekterne af pesticider i vore vandløb, og mulighederne for at afbøde negative effekter.

Jes Jessen Rasmussen, Peter Wiberg-Larsen, Annette Baattrup-Pedersen, Rikke Juul Monberg,  
Ursula Solard McKnight & Brian Kronvang

Den stigende globalisering øger konkurrencen på det internationale fødevaremarked, og dermed øges også kravene til en konkurrencedygtig og effektiv landbrugsdrift. Effektiv landbrugsdrift er for længst indført i Danmark, men udvikles til stadighed for at opretholde en høj produktion. Med de igangværende klimaforandringer får danske landmænd fordel af en længere dyrkningssæson, samt potentielt muligheden for at dyrke andre afgrøder (primært kernemaïs). Ændrede klimatiske forhold kan dog medføre en stigning i 'angreb' fra skadedyr, svampe og ukrudt. Og man kan derfor forvente et øget behov for anvendelse af pesticider og deraf følgende forøget risiko for belastning af vandmiljøet. Et aktuelt dansk projekt (PRECIOUS) under Miljøstyrelsens Pesticidforskningsprogram søger netop at belyse dette ud fra bestemte klimascenarier og modeller. Uanset udfaldet af dette projekt er det rimeligt at forvente, at pesticidbelastningen af vores vandmiljø, herunder vandløbene, i hvert fald ikke bliver mindre end nu. Der er derfor god grund til at søge at gøre status over den nuværende viden om utilsigtede skadevirkninger af pesticider i vandløbsmiljøet.

Det er allerede dokumenteret, at mange af de pesticider, som anvendes i den daglige landbrugsdrift, kan findes i vandløbene, hvor de potentielt kan udøve skadevirkninger på organismerne i disse. Særligt mange insektmidler, og i et vist omfang også svampemidler, kan have betydelig negativ virkning på mange af de smådyr, der indtager en central rolle i vandløbets økologiske system som blandt andet nedbrydere af organisk stof og føde for fisk. Selv koncentrationer under 0,1 µg/L af de langt mest anvendte insektmidler i dansk landbrug (de såkaldte pyrethroider) kan medføre øget dødelighed og ikke mindst få visse arter til at lade sig føre med strømmen bort fra en påvirket strækning /1/. Der er tale om koncentrationer, som er mindre end den generelle grænseværdi for pesticider i dansk grundvand, som må anvendes som drikkevand. Der er således god grund til at interessere sig for de utilsigtede effekter af pesticider i danske vandløb.

Gennem det seneste årti har en del af midlerne fra Miljøstyrelsens Pesticidforskningsprogram været tildelt forskningsprojekter, der skulle belyse forskellige aspekter af de potentielle økologiske effekter i vandløb og – til dels - søer. Og for tiden er der nye interessante projekter undervejs. I denne artikel vil vi imidlertid primært rette fokus mod undersøgelser af effekten af pesticider på vandløbsorganismer, som er udført i andet regi, nemlig som en del af projektet RISKPOINT (finansieret via det Strategiske Forskningsråd), se [www.risk-point.dk](http://www.risk-point.dk). Vi vil desuden pege på, hvor vi mener, at det vil være fornuftigt rent forskningsmæssigt at satse i fremtiden for at beskytte vandløbene mod utilsigtet pesticidbelastning.

### **Pesticidforekomster og giftighed**

Der er efterhånden foretaget en del målinger af pesticidindholdet i vandløbsvand, og det er ret veldokumenteret, at de højeste koncentrationer findes i små vandløb under og lige efter større regnbyger, hvor pesticider bliver transporteret fra marker til vandløb primært via dræn og i sjældnere via tilfælde overfladisk afstrømning /2/. Langt de fleste målinger har imidlertid omfattet

herbicider (ukrudtsmidler), mens målinger af fungicider (svampemidler) og insekticider (insektmidler) er yderst sparsomme.

Helt ny forskning bekræfter, at der jævnligt opstår situationer med forhøjede

pesticidkoncentrationer, og at disse forventes at medføre effekter på vandløbets organismer /3/.

Derudover gør nye og forbedrede metoder det muligt, at måle de pesticider, der pga. deres fysiske og kemiske egenskaber sjældent (og kun kortvarigt) findes i vandfasen, men derimod bindes til

organisk stof og partikler, som aflejres i og på vandløbets bund. Der er især tale om de allerede omtalte insektmidler, pyrethroiderne, som er de mest giftige pesticider for dyrene i vandløb

overhovedet, og der er for nyligt gjort fund af relativt høje koncentrationer af 4 forskellige potente

insektmidler (heriblandt netop to pyrethroider) i sedimentet i et sjællandsk vandløb /4/. Selvom

sedimentbundne pesticider er mindre giftige, end pesticider på opløst form, så er der påvist negative

effekter under naturlige forhold. Der er imidlertid stort behov for at forstå tilførsel og virkning af de

partikelbundne stoffer, dels fordi vandløbsorganismernes optagsmekanismer af stofferne

formodentlig er anderledes, end når de er opløst, og dels fordi virkningen er længere, når stofferne

bliver en del af dyrenes fysiske miljø (fx et finkornet sediment) og indgår i deres føde. Disse

problemstillinger er meget ufuldstændigt belyst i dansk såvel som international litteratur.

Men hvor giftige er ukrudts- og svampemidlerne til sammenligning? Undersøgelser under

Miljøstyrelsens Pesticidforskningsprogram tyder på, at ukrudtsmidlerne – i de koncentrationer de

forekommer i – næppe har betydende effekter på alger, planter og smådyr i vandløbene. Nogle

svampemidler er relativt giftige over for smådyr, men vi ved stort set intet om i hvilke

koncentrationer de optræder i vandløbene, og dermed hvor giftige de reelt er.

### **Biologiske effekter af pesticider**

Når et bestemt pesticid skal godkendes, bliver dets giftighed fastlagt ud fra en række standardtests

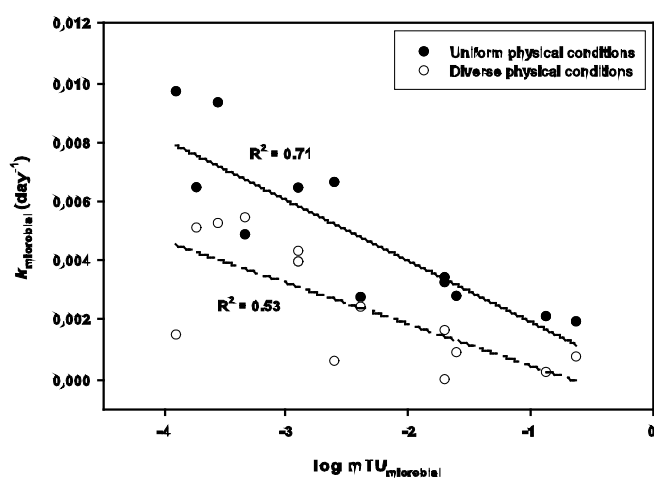
på bestemte standardorganismer. Disse tests udføres over relativt lange tidsrum (48 eller 96 timer)

og stoffernes akut dødbringende effekt bestemmes. Forsøgene er derfor ikke miljørealistiske i forhold til de pulse, som stofferne reelt optræder i ude i et vandløb. Desuden optræder stofferne formodentlig sjældent i dødelige koncentrationer derude. Det er derfor mere meningsfyldt at fokusere på andre forhold i fx smådyrenes liv, som kan være nok så betydende som simpel dødelighed. Det kan fx være bevægelsesadfærd, fødeoptagelse, forvandling fra larve til voksen og formering. Påvirkning af disse forhold kan forskyde konkurrenceforholdene imellem arterne og over længere tid medføre ændret artssammensætning og størrelsesfordeling samt påvirke omsætningen af organisk stof i vandløbet.

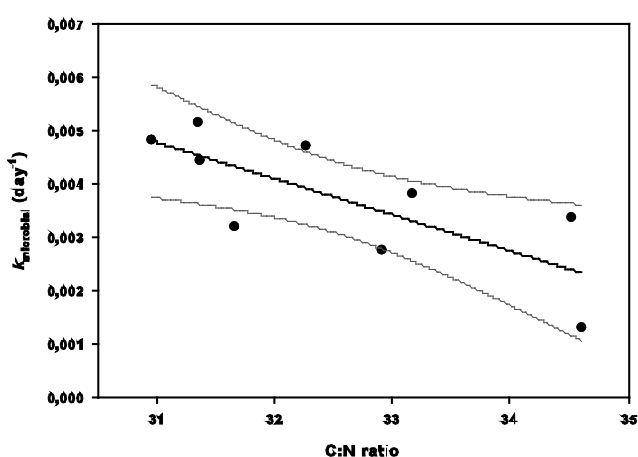
Effekter af denne art er imidlertid svære at registrere i felten, og generelt er studier med så komplekse formål en mangelvare. Enkelte projekter under Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelforskning har dog dokumenteret effekter på rovdyr-byttedyrsinteraktioner samt omsætningen af blade og algebiofilm /5,6/.

Blade som ved løvfald falder ned i vandløb har stor betydning for hele stof- og energiomsætningen i disse. Mange smådyr lever af de døde blade og især af de mikroorganismer, som sidder på og nedbryder bladene. Helt ny dansk forskning /7/ har vist, at den mikrobielle nedbrydning af sådanne blade blev klart reduceret i vandløb, der var påvirket af især svampemidler, og at effekterne blev yderligere forstærkede, hvis de fysiske forhold var forarmede, som det er tilfældet i kanaliserede og hårdt vedligeholdte vandløb (Figur 1). Dette giver umiddelbart god mening, fordi den primære gruppe af mikrobielle nedbrydere er mikrosvampe, og fordi disse optager ilt og næringsstoffer fra vandfasen begunstiges de, når iltforholdene er optimale. Optimale iltforhold forekommer i naturligt slyngede vandløb med stedvis hurtig strøm og dermed god tilførsel af ilt fra luften. Den nedsatte mikrobielle omsætningshastighed kunne i laboratoriet /8/ sammenkædes med en ernæringsmæssig forringelse af bladene (lavere indhold af især kvælstof), hvilket kan skyldes en mindre mængde mikrosvampe på bladene (svampene indeholder væsentlig mere kvælstof end bladene selv) (se Figur 2). Smådyrene kompenserede dog ikke – som ellers forventet - for denne næringsmæssige

forringelse af bladene ved at spise mere af bladene. Trods dette er der grund til at antage, at hvis smådyr indtager føde af ringere værdi, ja så reduceres også den mængde energi, som de kan råde over til vækst, overlevelse og formering. Der kan derfor teoretisk set være risiko for, at et svampemiddel ligefrem kan fremkalde en kaskade-effekt igennem et vandløbsøkosystem, hvor nedsat svampevækst medfører nedsat vækst hos smådyrene og efterfølgende nedsat vækst hos de fisk, som lever af smådyrene.



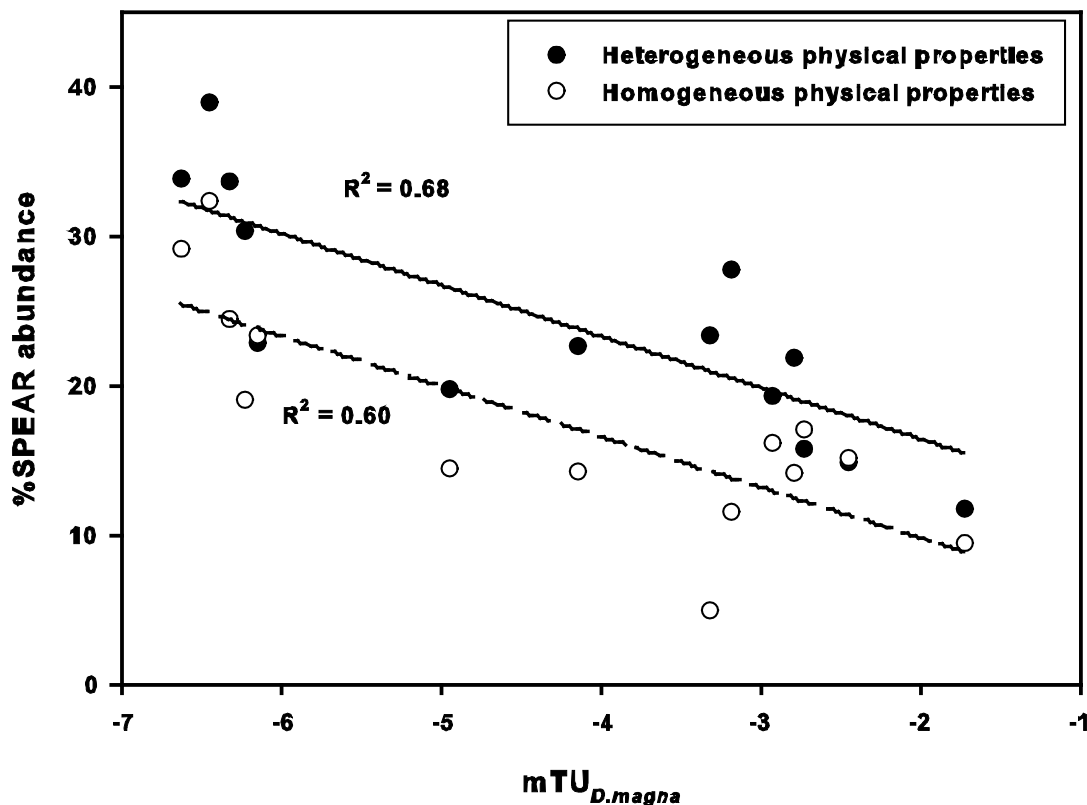
Figur 1. Den mikrobielle omsætningshastighed af bøgeblade ( $k_{\text{microbial}}$ ) som funktion af giftigheden af de fundne pesticider ( $\log mTU_{\text{microbial}}$ ) i 14 fynske vandløb. I hvert vandløb blev prøver indsamlet fra to strækninger, der var forskellige i fysisk kompleksitet og kvalitet (lav og høj).



Figur 2. Den mikrobielle omsætningshastighed af bøgeblade ( $k_{\text{microbial}}$ ) som funktion af kulstof/kvælstof (C:N) forholdet i bladene. De enkelte datapunkter repræsenterer forskellige pesticideksponeringer forud for selve forsøgsperioden. C:N forholdet afspejler den mikrobielle biomasse (højt C:N forhold kendetegner lav mikrobiel biomasse). 95% konfidensbånd er angivet.

## **SPEAR – en mulig pesticidindikator**

Det kan være urimeligt dyrt og besværligt at foretage omfattende og dybtgående analyser af omsætningsrater af organisk stof, formeringssucces eller ændring af gennemsnitsstørrelsen af organismer som del af et miljøovervågningsprogram. Et muligt alternativ blev lanceret i 2005 af en tysk forskergruppe i form af et nyt pesticidindikator-indeks kaldet SPEAR (SPEcies At Risk). SPEAR indekset (se Boks 1) bygger ligesom vores eget Dansk Vandløbsfauna Indeks (DVFI) på sammensætningen af vandløbenes smådyrssamfund /9/. DVFI er oprindeligt udviklet til at beskrive effekten af forurening med let nedbrydeligt organisk stof (som findes i almindeligt spildevand), men har vist sig også at afspejle andre relevante miljøfaktorer, fx de fysiske forhold. Vi har imidlertid kunnet påvise, at DVFI var dårligt til at afspejle den aktuelle og betydende pesticidbelastning i et sjællandsk vandløb /4/. Til gengæld syntes det tyske SPEAR indeks i samme vandløb at være en stærkere indikator for pesticideffekter på smådyrssamfundene. Selvom SPEAR indekset i vores øjne lige nu formodentlig er det stærkeste bud på et indikatorsystem til en vurdering af pesticidbelastede vandløb, fandt vi dog også en række mangler, som skal belyses yderligere, førend indekset meningsfyldt kan bruges i overvågningen af vandløbskvalitet. Således scorer SPEAR indekset væsentligt lavere på vandløbsstrækninger, der er stærkt fysisk forarmede (med ensartede, mudrede/sandede bundforhold), end på tilgrænsende uregulerede og varierede strækninger (Figur 3) /10/. Forklaringen kan naturligvis være helt simpel: nemlig tab af den fysiske variation, som er en betingelse for tilstedeværelsen af et artsrigt samfund af smådyr. En anden mulighed er, at smådyrene i et fysisk forarmet miljø er mere følsomme overfor en pesticidbelastning, fordi de i forvejen er under stress i et fysisk ugunstigt miljø. Ydermere kan de komplekse strømforhold, som er karakteristisk for uregulerede vandløb, skabe ”refugier” for smådyrene (fx partier af tætte puder af vandplanter, eller andre levesteder, hvor strømmen kun i mindre grad fører pesticider hen), når og hvis en puls af pesticid rammer vandløbet. Sådanne refugier vil kun i mindre grad forekomme i regulerede vandløb.



Figur 3. SPEAR indeks scorer (% SPEAR abundance) som funktion af fundne pesticiders giftighed for smådyr (log mTU<sub>D.magna</sub>). Datapunkterne repræsenterer prøver fra 14 fynske vandløb, hvor der i hvert vandløb blev indsamlet prøver fra to strækninger, der var fysisk forskellige (høj og lav habitat kompleksitet).

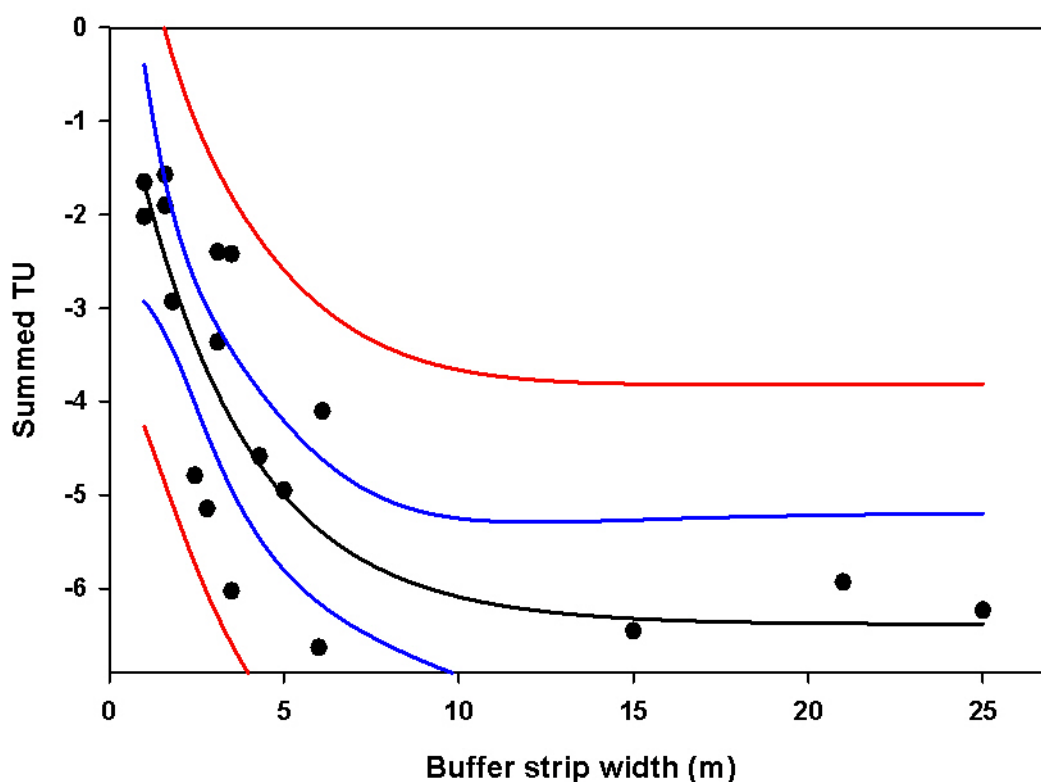
### Kan pesticidbelastningen reduceres?

Det er efterhånden dokumenteret, at pesticider forekommer i danske vandløb i koncentrationer, der kan have utilsigtede negative økologiske effekter. Og det er muligt at påvise disse effekter i danske vandløb ved at videreudvikle og anvende en allerede eksisterende pesticidindikator. Et tilbageværende men yderst relevant spørgsmål er imidlertid, om det så også er muligt at sikre en effektiv forebyggelse af pesticiders skader i vore vandløb.

I en række fynske vandløb med ensartede geomorfologiske forhold fandt vi en meget tæt kobling mellem bredden af den dyrkningsfri zone langs vandløbene og koncentrationen - og især giftigheden - af de pesticider, der blev fundet i de respektive vandløb (se Figur 4 og /3/). Det er veldokumenteret, at der opstår effekter på smådyrssamfundene omkring en bestemt tærskelværdi (-3) for den samlede giftighed af pesticider (udtrykt ved såkaldte Toxic Units (TU), se også Boks 1).



Ved at benytte en veletableret matematisk sammenhæng mellem TU og bredden af de dyrkningsfrie zoner, samt sammenhængen mellem SPEAR indekset og TU, beregnede vi, at en minimumsbredde på 6-7 meter er nødvendig for at mindske pesticidpåvirkningen så meget, at det vil være muligt at opnå 'god økologisk kvalitet' i vandløbet. Det skal dog understreges, at lokale forhold som dræningsintensitet, forekomst af makroporer i jorden, den lokale topografi og de dyrkningsmæssige forhold også er af stor betydning for den samlede mængde pesticid, der vaskes ud fra markerne. Især vil dræn i markerne sende pesticider ud i vandløbene ved store regnskyl uanset bredden af en dyrkningsfri zone langs disse. Det er derfor helt afgørende at videreudvikle modeller for tabet af pesticider fra mark til grundvand og overfladevand, for derved bedre at kunne vurdere effekten af virkemidlet 'dyrkningsfrie bræmmer', der i vandplanerne primært er tænkt som en måde at reducere fosfortilførslen til vandløbene på.



Figur 4. Den samlede giftighed for smådyr af fundne pesticider i 14 fynske vandløb som funktion af minimumsbredden af den dyrkningsfri zone i en 1 km lang vandløbskorridor. Datapunkter repræsenterer vandprøver, der er indsamlet under 2 episoder med kraftig nedbør. Den sorte linje angiver den egentlige regression, de blå linjer angiver 95% konfidensbånd, mens de røde linjer angiver 95% prædiktionsbånd.

## **Fremtidige forskningsfelter**

Selvom der således via RISKPOINT projektet er høstet megen ny og spændende viden om pesticiders forekomst og virkning i vore vandløb, så er der også basis for at komme nogle spadestik dybere. Vi har i boks 2 opstillet en liste over oplagte forskningsemner, der gerne skulle sikre en mere komplet forståelse af samspillet mellem forskellige typer af menneskeskabte stressfaktorer i vore vandløb, samt en mere komplet forståelse af vandløbsøkosystemernes struktur og dynamik – ikke mindst under påvirkning af pesticider. Det er vores vurdering, at det vil give langt bedre muligheder end nu, for at forebygge og udbedre pesticidernes utilsigtede skadevirkninger.

## **Referencer**

- /1/ Nørum, U., Friberg, N., Jensen, M.R., Pedersen, J.M. & Bjerregaard, P. (2010) Behavioural changes in three species of freshwater macroinvertebrates exposed to the pyrethroid lambda-cyhalothrin: Laboratory and stream microcosm studies. *Aquatic Toxicology* 98: 328-335.
- /2/ Styczen, M., Wiberg-Larsen, P. & Aagaard, A. (2003): Tag pulsen på pesticiderne i vandløb. *Vand & Jord* 10 (3): 84-87.
- /3/ Rasmussen, J.J., Baattrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., McKnight, U., Kronvang, B. (2011) Buffer strip width and agricultural pesticide contamination in Danish lowland streams: Implications for stream and riparian management. *Ecological Engineering* 37: 1990-1997.
- /4/ McKnight, U., Rasmussen, J.J., Kronvang, B., Bjerg, P.L. & Binning, P.J. Integrated assessment of the impact of chemical stressors on surface water ecosystems. *Environment International* (indsendt).
- /5/ Nørum, U., Bjerregaard, P., Friberg, N. & Larsen, S.E. (2006) Effekter af pulseksponering med pyrethroider på vandløbsmakroinvertebrater. *Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen* nr. 102.

- /6/ Wiberg-Larsen, P. & Nørum, U. (2009) Effekter af pyrethroidet lambda-cyhalothrin på biologisk struktur, funktion og rekolonisering i vandløb. *Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen* nr. 126.
- /7/ Rasmussen, J.J., Baattrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., Monberg, R.J. & Kronvang, B. (2011) Impacts of pesticides and natural stressors on leaf litter decomposition in agricultural streams. *Science of the Total Environment* (accepteret til publicering).
- /8/ Rasmussen, J.J., Monberg, R.J., Baattrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., Strobel, B. & Kronvang, B. (2011) Pesticide cocktails and leaf litter decomposition: Potentially cascading effects. *Water, Air & Soil Pollution* (indsendt).
- /9/ Liess, M. & von der Ohe, P.C. (2005) Analyzing the effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24: 954-965.
- /10/ Rasmussen, J.J., Wiberg-Larsen, P., Baattrup-Pedersen, A., Friberg, N. & Kronvang, B. (2011) Physical structure of stream microhabitats influences the response of stream macroinvertebrate communities to pesticide stress. *Environmental Pollution* (indsendt).

## **Biografi**

Jes Jessen Rasmussen er PhD studerende ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet. Arbejder med effekter af pesticider og har tidligere arbejdet med klima og stofomsætning i vandløb.

Peter Wiberg-Larsen er seniorrådgiver ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet. Arbejder med effekter af pesticider i vandløb, samt overvågning (NOVANA) af vandløb.

Annette Baattrup-Pedersen er seniorforsker ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet.

Arbejder med pesticiders effekt på plantesamfund i ådale, men primært med planters økologi i og langs vandløb.

Rikke Juul Monberg er biolog fra Københavns Universitet med speciale i pesticiders effekt på stofomsætning i vandløb.

Ursula Solard McKnight er ansat i et PostDoc forløb ved Danmarks Tekniske Universitet og arbejder med modellering af transport og effekter af miljøfremmede stoffer.

Brian Kronvang er forskningsprofessor ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet. Arbejder bl.a. med transport af næringsstoffer og pesticider fra oplande til vandløb.

Bokse:

### Boks 1. SPEAR-indekset

Mange forskellige menneskeskabte miljøfaktorer indvirker ofte samtidig på de biologiske forhold i et vandløb. Hvis man derfor vil anvende fx artssammensætningen af smådyr i et vandløb til at beskrive effekten af disse miljøfaktorer, er det ønskeligt og afgørende at kunne dokumentere betydningen af hver faktor for sig. Det kræver, at der fokuseres på netop de arter, som påvirkes af en given faktor. SPEAR indekset er et godt eksempel. Det 'rangordner' hver enkelt art i en faunaprøve som enten følsom eller ufølsom overfor pesticidbelastning ud fra dels viden om dyrenes fysiologiske tolerance, dels deres evne til at genindvandre efter en given pesticidpåvirkning (typisk puls med forhøjet koncentration). Genindvandringen afhænger af, hvor hurtigt dyrene kan formere sig, hvor meget afkom de får, og deres evne til at flytte sig rent fysisk. Dyr der formerer sig hurtig, lægger mange æg, og er gode til at indvandre over store afstande er mindre følsomme end arter, som formerer sig langsomt, lægger få æg og kun flytter sig ganske lidt fra deres oprindelige levested. SPEAR indekset udtrykker hvor stor en del af smådyrsarterne, som, på grundlag af rangordningen, er følsomme overfor en given pesticidbelastning. SPEAR indekset har vist sig at korrelere stærkt med den samlede målte giftighed af pesticider i vandløb. Den samlede giftighed beregnes ved brug af såkaldte 'toxic units' (TU) ud fra målte koncentrationer af de enkelte pesticider. Toxic units er baseret på effekten af stofferne over for 'standardorganismen' *Daphnia magna* i standardiserede laboratorium tests.

## Boks 2. Pesticiders forekomst og effekt i vandløb: Vigtige fremtidige forskningsfelter

Behovet for ny og forbedret viden om pesticiders betydning i vandløb kan efter vores opfattelse afgrænses til fem forskningsmæssige hovedområder:

- Undersøgelser af tabet fra marker, samt forekomst og skæbne af pesticider, som i særlig grad bindes til partikler og sediment (med særligt fokus på pyrethroider), samt deres økologiske effekter. Der er allerede igangsat et indledende studie (PESTFATE) som en del af Miljøstyrelsens Pesticidforskningsprogram.
- Betydningen af dræn og overfladisk afstrømning for transport af pesticider (herunder partikelbundet) fra mark til vandløb, herunder betydningen af dyrkningsfrie zoner langs vandløbene.
- Pesticidernes indirekte økologiske effekter, dvs. effekter som kan medføre virkninger igennem flere såkaldte niveauer i vandløbsøkosystemet (fx mikrosvampe – smådyr – fisk), og som kun vil være synlige på lang sigt.
- Betydningen af vandløbenes fysiske forhold (substrattyper, vandplanter m.m.) for den måde, som fx smådyrene bliver eksponeret for de tilførte pesticider: findes der mindre refugier i vandløbene, hvor smådyrene kan unddrage sig de værste påvirkninger
- Videreudvikling af screenings værktøjer (biologiske indices – herunder SPEAR) til identificering af vandløbsstrækninger, hvor der er særlig stor belastning med pesticider, og hvor der derfor er behov for en særlig forebyggende indsats. Under Miljøstyrelsens Pesticidforskningsprogram er der desuden iværksat et 'pilotprojekt' (RAINTOP), hvor en lang række arter af smådyr (med bl.a. forskellig placering og betydning i Dansk Vandløbs Fauna Indeks) screenes for deres følsomhed over for et modelpyrethroid. Resultater fra dette projekt vil direkte kunne indgå ved udviklingen af et dansk pesticidindeks.